

KEMAMPUAN SERBUK BIJI ASAM JAWA DALAM MENURUNKAN TSS, TURBIDITAS, DAN AMONIAK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PT. UTAMA MULTINIAGA INDONESIA

Dita Kartika, Nurjazuli, Budiyo

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro

Email: ditakartika940406@gmail.com

Abstract : *Industrial liquid waste from waste clove cigarettes, washing waste and domestic waste. PT. Utama Multiniaga Indonesia still using alum to treat industrial cigarettes waste. In addition to having to pay a large alum spending around Rp 165,000,000.00/year, the use of alum continuously will cause a negative impact on the environment and human health. Therefore, the treatment needs alternative to a natural coagulant such as tamarind seed powder which can be obtained easily and cheap prices. This study aimed to analyze the ability of tamarind seed powder in lowering levels of TSS, turbidity and ammonia levels cigarette liquid waste by using One Way ANOVA. The samples used were 60 samples (30 protests and posttest 30) and sampling use grab sampling. This study showed that there are differences in levels of TSS and turbidity effluent cigarette before and after administration of coagulant powder tamarind seeds. However, only a dose of 0.5 g/l to reduce levels of TSS and turbidity (p value 0,0001). A dose of 1.0 g/l, 1.5 g/l, 2.0 g/l and 2.5 g/l can increase levels of TSS and turbidity. All variations of doses can not lowered the levels of ammonia (p value 0,0001). It can concluded the optimum dose of coagulant powder tamarind seeds in lowering levels of TSS and turbidity of 0.5 gr/l.*

Keywords : *Cigarette Liquid Waste , Tamarind Seed Powder , Total Suspended Solid (TSS) , Turbidity , Ammonia*

PENDAHULUAN Latar Belakang

Kabupaten Kudus merupakan kabupaten dengan industri rokok yang terbesar di Jawa Tengah. Industri rokok di Kabupaten Kudus mulai dari skala menengah hingga skala besar. Industri-industri rokok dengan skala menengah dan besar memerlukan instalasi pengolahan limbah yang memadai untuk limbah cair yang dihasilkan. Adapun pihak ketiga yang mengolah limbah cair dari industri rokok di

Kabupaten Kudus adalah PT. Utama Multiniaga Indonesia. Limbah cair industri rokok berasal dari limbah cengkeh (clove), limbah casing, dan limbah domestik. Limbah cengkeh merupakan limbah cair hasil dari steam atau admoist cengkeh dan pre-cut cengkeh pada primary proses yang menghasilkan air dengan karakteristik limbah clove yaitu suhu sebesar 38,7°C, zat padat terlarut sebanyak 976 mg/l, zat padat tersuspensi 91 ml/l, warna coklat dan berbau cengkeh, pH 3,87-4,20, kadar BOD sebesar 5.000

mg/l, dan kadar COD sebesar 15.000 mg/l. Limbah *casing* berasal dari air bekas pencucian alat pencampuran tembakau dari *flavor* dengan karakteristik limbah *casing* yaitu suhu sebesar 30-33°C, limbah berwarna coklat keruh, pH 4-5 sebesar 15.000 mg/l dan kadar COD sebesar 20.000 mg/l. Limbah domestik merupakan limbah yang berasal dari kegiatan kamar mandi, wastafel, mushola, *pantry* dan lain-lain dengan karakteristik yaitu suhu 25-27°C, jernih, pH 8-9, kadar BOD sebesar 50 mg/l dan kadar COD sebesar 200 mg/l.¹

Standar baku mutu limbah cair industri rokok golongan I maksimal menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yaitu 100 mg/l, pH 6,0-9,0, amoniak 3,0 mg/l, BOD₅ 150 mg/l, COD 300 mg/l, fenol 0,5 mg/l, minyak dan lemak sebesar 5,0 mg/l.² Hal itu berarti bahwa TSS limbah cair industri rokok yang diperbolehkan masuk ke badan air yaitu tidak boleh melebihi 100 mg/l. Kadar amoniak apabila kadarnya lebih dari 3,0 mg/l perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Pengambilan sampel dilakukan di bak sedimentasi dikarenakan termasuk dalam proses pengolahan limbah cair rokok sebelum proses koagulasi flokulasi serta letak bak yang mudah untuk melakukan pengambilan sampel. Kadar TSS air limbah di bak sedimentasi hasil pengujian harian sebelumnya adalah 81 mg/l. Turbiditas dan amoniak masing-masing adalah 28,3 NTU dan 0,052 ml/l. Kadar TSS, turbiditas dan amoniak limbah cair rokok tersebut telah memenuhi standar baku mutu air limbah industri rokok dan atau cerutu yang tertera di Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012.

Pemisahan partikel-partikel dan mengubah kestabilan partikel koloid dan padatan tersuspensi perlu penetralan muatan-muatan listriknya. Netralisasi dapat dilakukan dengan penambahan ion-ion yang berlawanan muatan listriknya dengan muatan listrik koloid. Penambahan ion positif ke dalam air untuk mengurangi muatan listrik permukaan, sehingga partikel koloid tidak tolak-menolak satu sama lainnya disebut koagulasi. Bahan-bahan atau substansi (senyawa kimia) yang ditambahkan ke dalam air untuk menghasilkan efek koagulasi disebut koagulan. Sedangkan flokulasi merupakan pembentukan flok-flok dari partikel-partikel kecil yang telah mengalami koagulasi. Untuk menghasilkan flokulasi yang lebih baik, biasanya dibantu dengan penambahan bahan-bahan pembantu koagulan atau disebut dengan flokulan. Koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang umum digunakan dalam pengolahan air.³

Proses koagulasi flokulasi perlu mempertimbangkan jenis koagulan, dosis koagulan, kekeruhan air, warna air, pH air, temperatur dan waktu pencampuran.⁴ Oleh karena itu, diperlukan takaran dosis yang tepat agar proses koagulasi flokulasi dapat bekerja optimum dalam memperbaiki kualitas air. Sedangkan untuk parameter kandungan dari limbah cair yang diproses dengan koagulasi flokulasi menunjukkan bahwa kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kekeruhan. Keberadaan padatan tersuspensi akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam cairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang sebanding. Dengan demikian,

semakin tinggi TSS dalam suatu limbah, maka tingkat kekeruhan limbah tersebut juga semakin tinggi.⁵

Salah satu langkah penting dalam pengolahan air adalah penyisihan kekeruhan dan warna. Kekeruhan dan warna disebabkan oleh adanya partikel-partikel padatan dalam air yang berukuran 10 nm sampai dengan 10 µm. Partikel-partikel tersuspensi dalam air berukuran sangat kecil, sulit dipisahkan, serta partikel-partikel tersebut bermuatan negatif dan sulit bergabung membentuk agregat yang lebih besar yang dapat terendapkan.⁶

Koagulan yang paling umum digunakan untuk proses koagulasi flokulasi adalah tawas. Tawas adalah jenis koagulan yang mudah didapatkan di pasaran bebas dan sering digunakan dalam proses pengolahan air. alum sulfat sebagai koagulan sangat efektif untuk mengendapkan partikel yang melayang baik dalam bentuk koloid maupun suspensi. Pada umumnya bahan seperti Aluminium sulfat $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ atau sering disebut alum atau tawas, *fero sulfat*, *Poly Aluminium Chlorida* (PAC) dan poli elektrolit organik dapat digunakan sebagai koagulan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tawas dapat menurunkan kadar TSS limbah industri rokok sebesar 64 %. Penambahan tawas pada limbah batik dapat menurunkan kadar TSS sebesar 66,7 %.⁷ Pada penelitian Kristijarti, dkk. (2016), tawas pada limbah pabrik jamu dapat menurunkan 98,89% kekeruhan pada air limbah yang dihasilkan.⁸

Selain koagulan sintetik yang digunakan dalam proses koagulasi kita dapat menggunakan koagulan alami. Koagulan alami memanfaatkan bahan-bahan yang

tersedia di alam. Koagulan alami yang berpotensi sebagai alternatif koagulan sintetik seperti penggunaan biji asam jawa, biji kelor, dan biji kecipir sebagai biokoagulan. Pada percobaan sebelumnya telah dilakukan percobaan menggunakan koagulan dari biji kelor dan arang sekam sebagai koagulan limbah cair rokok PT. Utama Multiniaga Indonesia, namun belum menunjukkan hasil penurunan karakteristik limbah cair industri rokok sesuai baku mutu. Selanjutnya dilakukan percobaan dengan biji asam jawa karena mengandung protein yang cukup tinggi yaitu 2,8 gram/100 gram biji asam jawa.⁹ Protein yang terkandung dalam biji asam jawa inilah yang diharapkan dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang kegunaannya mirip dengan koagulan sintetik. Ekstrak biji asam jawa juga mengandung polisakarida alami yang tersusun atas *D-galactose*, *D-glucose* dan *D-xylose* yang merupakan flokulan alami. Flokulan alami terutama polisakarida, lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan koagulan organik dan anorganik.⁶ Selain itu, biji asam jawa juga mudah untuk diperoleh di pasar tradisional dan penjual bibit buah dengan harga yang murah.

Tujuan penelitian ini adalah Menganalisis kemampuan serbuk biji asam jawa dalam menurunkan kadar TSS, turbiditas, dan amoniak limbah cair rokok.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan metode *true experimental research*. Teknik pengambilan sampel penelitian ini menggunakan *Grab Sampling*. Rancangan yang

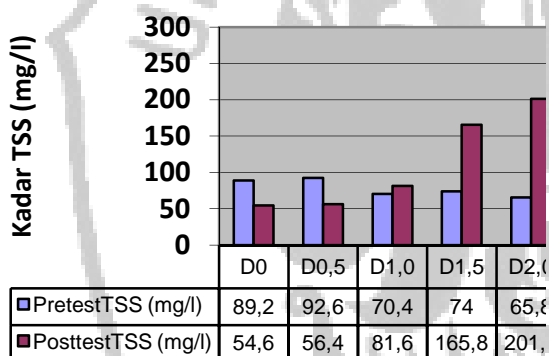
digunakan dalam penelitian ini adalah *Pretest-Posttest with Control Group* dengan masing-masing 5 kali pengulangan. Total sampel 30 *pretest* dan 30 *posttest*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Limbah PT. Utama Multiniaga Indonesia

Limbah yang dihasilkan oleh mitra PT Utama Multiniaga Indonesia berupa limbah cair yang dihasilkan oleh PT Djarum dan Non Djarum merupakan limbah cair dari pelunakan cengkeh (debit 200 m³/hari), limbah *casing* (50 m³/hari) dan limbah domestic (debit 30m³/hari).

B. Analisis Hasil Pemeriksaan



Gambar 1. Rata-rata Kadar TSS

Limbah Cair Rokok

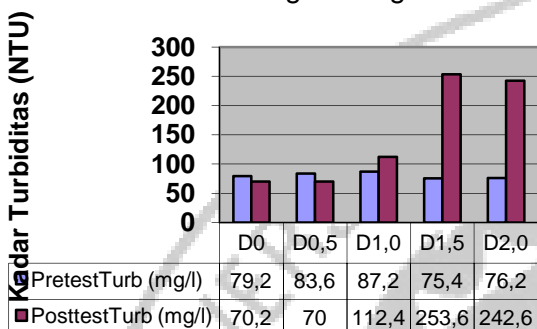
diketahui bahwa rata-rata kadar TSS sebelum pemberian koagulan serbuk biji asam jawa pada setiap dosis memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu 92,6 mg/l pada dosis 0,5 gr/l. Nilai rata-rata terendah yaitu 61,8 mg/l pada dosis 2,5 gr/l. Sementara itu, pada rata-rata kadar TSS sesudah pemberian serbuk biji asam jawa pada variasi dosis terlihat peningkatan maksimum pada rata-rata dosis 2,5 gr/l. Rata-rata kadar

TSS terendah dapat terlihat pada dosis 0 yaitu sebesar 54,6 mg/l. Sedangkan rata-rata kadar TSS tertinggi dapat terlihat pada dosis 2,5 gr/l yaitu sebesar 243,2 mg/l. Akan tetapi, rata-rata kadar TSS sebelum pemberian serbuk biji asam jawa sudah memenuhi baku mutu yang ditentukan. Sama halnya dengan rata-rata kadar TSS dengan pemberian dosis 0,5 gr/l. Sedangkan rata-rata kadar TSS dengan pemberian dosis koagulan 1,0 gr/l, 1,5 gr/l, 2,0 gr/l dan 2,5 gr/l masih melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Dari gambar 4.10 dapat disimpulkan bahwa semakin besar pemberian dosis koagulan serbuk biji asam jawa setelah dosis 0,5 gr/l, kadar TSS pun meningkat.

Hasil statistik menggunakan uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa variabel dosis mempunyai F hitung TSS sebesar 43,253 dengan nilai signifikan 0,0001. Nilai signifikan berada $\leq 0,05$ menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti ada perbedaan antar perlakuan limbah cair rokok dengan variasi dosis. Penelitian ini merujuk dari penelitian yang dilakukan Enrico (2008) yaitu pemberian serbuk biji asam jawa pada limbah cair industri tahu diperoleh penyisihan TSS sebesar 98,78% dengan dosis koagulan 3000 mg/l, pH 4 pada limbah cair tahu, dan ukuran partikel serbuk biji asam jawa 140 mesh.¹⁰

Penurunan kadar TSS tidak tercapai disebabkan karena koagulan serbuk biji asam jawa dengan konsentrasi koagulan yang tinggi dalam eksperimen dengan limbah cair rokok justru belum mampu membentuk flok secara optimum. Hal ini dikarenakan konsentrasi koagulan yang tinggi justru tidak mampu menetralkan koloid yang terkandung di dalam

limbah cair rokok pada volume tertentu sehingga hanya sebagian koloid saja yang dapat dinetralkan dan membentuk flok, sedangkan filtrat limbah cair rokok tersebut masih keruh yang dimungkinkan masih terdapat koloid dan padatan terlarut tersuspensi lainnya yang tidak dinetralkan dengan koagulan.¹¹



Gambar 2. Rata-rata Turbiditas Limbah Cair Rokok

Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui bahwa rata-rata turbiditas sebelum pemberian koagulan serbuk biji asam jawa nilai rata-rata tertinggi memiliki nilai 87,2 NTU pada dosis 1,0 gr/l. Nilai rata-rata terendah memiliki nilai 75,4 pada dosis 1,5 gr/l. Sementara itu, pada rata-rata turbiditas sesudah pemberian serbuk biji asam jawa pada variasi dosis terlihat ada kecenderungan meningkat seiring semakin banyaknya dosis yang diberikan. Rata-rata turbiditas terendah dapat terlihat pada dosis 0,5 gr/l yaitu sebesar 70 NTU. Sedangkan rata-rata turbiditas tertinggi dapat terlihat pada dosis 1,5 gr/l yaitu sebesar 253,6 NTU. Akan tetapi, hanya pada pemberian dosis koagulan 0,5 gr/l yang dapat menunjukkan hasil rata-rata turbiditas lebih rendah daripada rata-rata turbiditas kontrol. Variasi dosis lainnya melebihi angka rata-rata turbiditas kontrol. Dari gambar 2 dapat disimpulkan bahwa semakin

besar pemberian dosis koagulan serbuk biji asam jawa setelah dosis 0,5 gr/l, kadar turbiditas pun meningkat.

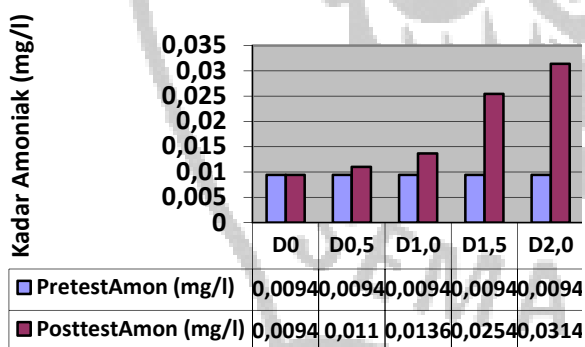
Hasil statistik menggunakan uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa variabel dosis mempunyai F hitung turbiditas sebesar 78,022 dengan nilai signifikan 0,0001. Nilai signifikan berada $\leq 0,05$ menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti ada perbedaan antar perlakuan limbah cair rokok dengan variasi dosis. Penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan Hayati (2015), hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian serbuk biji asam jawa pada limbah cair tempe sebesar 500 mg dalam 200 ml limbah cair tempe diperoleh presentase penurunan turbiditas sebesar 95,18%.¹² Namun hasil dari penelitian ini, hanya pada dosis 0,5 gr/l yang menunjukkan penurunan kadar turbiditas dibandingkan nilai rata-rata kontrol.

Diperlukan kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan yang tepat. Kecepatan putaran pengadukan yang kurang akan menyebabkan koagulan tidak terdispersi dengan baik. Apabila kecepatan pengadukan terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang mudah terbentuk terpecah kembali sehingga pengendapan tidak sempurna.¹³ Sementara itu, waktu kontak juga perlu diperhatikan

Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak semakin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih banyak. Selain itu semakin rendah kekeruhan, makin sukar pembentukan flok yang baik. Makin

sedikit partikel, makin jarang terjadi tumbukan antar partikel/flok, oleh sebab itu makin sedikit kesempatan flok berakumulasi. Operator harus menambah zat pemberat untuk menambah partikel-partikel untuk terjadinya tumbukan.^{14,15} Pada penelitian ini, kecepatan pengadukan 120 rpm untuk pengadukan cepat selama 1 menit dan 30 rpm pengadukan lambat selama 15 menit.

Peningkatan konsentrasi serbuk biji asam jawa melebihi jumlah optimum justru akan menurunkan % pengurangan biokoagulan serbuk biji asam jawa, hal ini disebabkan pada penambahan koagulan berlebih dapat terjadi kegagalan pembentukan flok. Mekanismenya adalah polimer-polimer yang berlebih akan menutupi seluruh permukaan partikel koloid. Sehingga tidak ada tempat untuk rantai akhir menempel dan proses flokulasi tidak terjadi. Keadaan ini bisa mengakibatkan partikel koloid kembali stabil atau tidak dapat bergabung dengan partikel lain karena memiliki muatan yang sama (reaksi 4).¹⁶



Gambar 3. Rata-rata Kadar Amoniak

Limbah Cair Rokok

diketahui bahwa rata-rata kadar amoniak sebelum pemberian koagulan serbuk biji asam jawa pada

setiap dosis memiliki nilai 0,009 mg/l. Sementara itu, pada rata-rata kadar amoniak sesudah pemberian serbuk biji asam jawa pada variasi dosis terlihat ada kecenderungan meningkat seiring semakin banyak dosis yang diberikan. Rata-rata kadar amoniak terendah dapat terlihat pada dosis 0 yaitu sebesar 0,009 mg/l. Sedangkan rata-rata kadar amoniak tertinggi dapat terlihat pada dosis 2,5 gr/l yaitu sebesar 0,032 mg/l. Akan tetapi, rata-rata kadar amoniak sebelum pemberian serbuk biji asam jawa sudah memenuhi baku mutu yang ditentukan yaitu 3,0 mg/l. Sama halnya dengan rata-rata kadar amoniak dengan pemberian semua variasi dosis sudah memenuhi baku mutu namun nilainya tidak rendah dari nilai rata-rata kontrol. Dari gambar 3 dapat disimpulkan bahwa pemberian koagulan serbuk biji asam jawa tidak dapat menurunkan kadar amoniak pada limbah cair rokok pada semua dosis koagulan.

Hasil statistik menggunakan uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa variabel dosis mempunyai F hitung amoniak sebesar 19,924 dengan nilai signifikan 0,0001. Nilai signifikan berada $\leq 0,05$ menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti ada perbedaan antar perlakuan limbah cair rokok dengan variasi dosis. Penelitian ini bertolak belakang dengan penelitian uji efektivitas koagulan PAC dan alumunium sulfat yang dilakukan Herlambang dan Said (2005), dengan sampel air limbah laboratorium kimia yang menunjukkan bahwa alumunium lebih efektif dari PAC dengan menurunkan amoniak 23,18 % pada pH 6.¹⁷ Namun kadar amoniak pada penelitian ini tidak diperoleh penurunan di semua variasi dosis koagulan walaupun nilai berada di

bawah baku mutu yang telah ditentukan.

Aplikasi koagulan serbuk biji asam jawa pada limbah cair rokok belum pernah dilakukan dan menurut hasil penelitian yang dilakukan tidak menunjukkan penurunan kadar amoniak. Untuk itu, perlu dilakukan penanganan lebih lanjut setelah koagulasi flokulasi dengan serbuk biji asam jawa. Salah satu cara yaitu dengan filtrasi air limbah menggunakan media zeolite atau karbon aktif. Zeolit merupakan unsur logam yang memiliki kegunaan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi, karena sifat-sifat yang dimiliki zeolit antara lain yaitu dehidrasi, katalisator, penukar ion, adsorben, dan penyaring molekul. Karbon aktif atau arang aktif merupakan suatu padatan berpori. Fungsi karbon aktif sebagai adsorben, dapat menghilangkan atau mengurangi bau, warna, organik, logam berat, dan bahan kimia lain.¹¹ Penelitian yang dilakukan Prasetyotami (2010), jenis adsorben yang paling efektif adalah adsorben, campuran zeolit dan arang aktif yang mampu menurunkan kadar amoniak sebesar 85,40%.¹⁸

KESIMPULAN

1. Kadar TSS, turbiditas, dan amoniak limbah cair rokok sebelum perlakuan koagulasi flokulasi diperoleh rata-rata sebesar 75,63, 79,63 dan 0,0094.
2. Terdapat penurunan yang signifikan kadar TSS dan turbiditas pada dosis 0,5 gr/l dengan hasil F hitung 43,253 dan 78,022. Namun pada dosis 1,0 gr/l, 1,5 gr/l, 2,0 gr/l dan 2,5 gr/l terjadi peningkatan.
3. Dosis optimum koagulan serbuk biji asam jawa dalam

menurunkan kadar TSS dan turbiditas pada limbah cair rokok adalah 0,5 gr/l.

4. Ada perbedaan kadar TSS, turbiditas, dan amoniak dalam limbah cair rokok setelah perlakuan koagulasi flokulasi dengan variasi dosis serbuk biji asam jawa 0,5 gr/l, 1,0 gr/l, 1,5 gr/l, 2,0 gr/l, 2,5 gr/l ($p=0,0001$)

DAFTAR PUSTAKA

1. Cornwell DA, Roth DK. *Water Treatment Plant Residuals Management*. New York: McGraw Hill. 2011.
2. Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012.
3. Suprihatin, Ono Suparno. *Teknologi Proses Pengolahan Air*. Bogor: PT Penerbit IPB Press. 2013.
4. Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. *Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP: Materi Bidang Air Limbah*.
5. Davis ML, Cornwell DA. *Introduction to Environmental Engineering*. 2nd Ed. New York: Mc.Graw-Hill, Inc. 2011.
6. Dunster D, Petavratzi E. *Water Treatment Residues as A Clay Replacement and Colorant in Firing Bricks*. 2007.
7. Agustina, Tuty Emilia dan Badewasta, Herni. *Prosiding Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cap Khas Palembang dengan Proses Filtrasi dan Adsorpsi*. In: Proceeding of Sriwijaya International Seminar on Energy Science and Technology (SISEST) 2009. Sriwijaya University, Palembang. ISBN 978-979-18845-1-8
8. Kristijarti, Suharto, Marienna. *Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk*

- Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. Jurnal Kemenperin. Vol. 32 No. 1. 2016.*
9. Heyne K. *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid ke-3*. Jakarta: Yayasan Sarana Warna Jaya. 1987.
 10. Enrico, B. *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu, Universitas Sumatera Utara (Tesis)*. 2008.
 11. Azamia, M. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi*. Jurnal Penelitian Sains FMIPA Universitas Indonesia. Edisi Khusus Desember 2009 (C) 09:12-08.
 12. Hayati, E. I. *Pemanfaatan Serbuk Biji Asam Jawa Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe*. Indonesian Journal of Chemical Science. Indo. J. Chem. Sci. 5 (1) 2016.
 13. Pernitsky, DJ. *Coagulation 101*. Associated Engineerig, Calgary, Alberta. 2003.
 14. Ramadhani dan Moesriati. *Pemanfaatan Biji Asam Jawa sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Menurunkan Kadar COD dan BOD dengan Studi Kasus pada Limbah Cair Industri Tempe*. Jurnal Teknik POMITS Vol.2 No.1 Tahun 2013.
 15. Reynold, D. Tom dan Paul AR. *Unit Operation and Processing in Environmental Engineering 2nd Edition*. Boston. PWS Publishing, 1995.
 16. Larry dan Joseph. *Process Chemistry For Water and Wastewater Treatment*. Enyglewood Cliffs, P. 143-149: New Jarsey.1982.
 17. Herlambang, A dan Said, NI. *Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Sederhana Untuk Masyarakat Pedesaan*. Jurnal Air Indonesia (BPPT), I(2), 113-122. 2005.
 18. Prasetyotami, Putrie. *Efektivitas Zeolit dan Arang Aktif Sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Amoniak Dalam Limbah Cair Industri Soun*. Jurnal FKM Undip. 2010.